

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 695 163

②1 N° d'enregistrement national :

92 10470

⑤1 Int Cl⁵ : F 01 D 5/18, F 02 K 3/04

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 02.09.92.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 04.03.94 Bulletin 94/09.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : SOCIÉTÉ NATIONALE D'ÉTUDE ET
DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION
«S.N.E.C.M.A.» Société anonyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Lardellier Alain, Marie, Joseph.

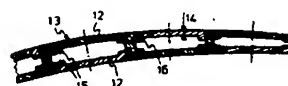
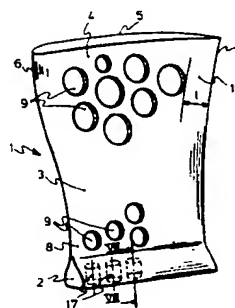
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Moinat François.

⑤4 Aube creuse pour turbomachine et son procédé de fabrication.

⑤7 Une aube pour turbomachine est constituée d'un en-
semble monobloc (1) comportant une pale (3) qui présente
une multiplicité d'évidements transversaux (9), la continuité
de surface d'intrados (4) et d'extrados (5) de la pale étant
reconstituée au moyen de bouchons (12) disposés à l'inté-
rieur desdits évidements (9) et solidarisés audit ensemble
monobloc.

Un procédé de fabrication de l'aube est également décrit.



FR 2 695 163 - A1



DESCRIPTION

La présente invention concerne une aube creuse pour turbomachine, notamment une aube de soufflante à grande corde et elle concerne également un procédé de fabrication de ladite aube.

Les avantages découlant de l'utilisation d'aubes à grande corde pour les turbomachines sont apparus notamment dans le cas des aubes de rotor de soufflante des turboréacteurs à double flux. Ces aubes doivent répondre à des conditions sévères d'utilisation et posséder notamment des caractéristiques mécaniques suffisantes associées à des propriétés antivibratoires et de résistance aux impacts de corps étrangers. L'objectif de vitesses suffisantes en bout d'aube a en outre amené à rechercher une réduction des masses. Ce but est notamment atteint par l'utilisation d'aubes creuses.

FR-A-1.577.388 donne un exemple de réalisation d'une aube composée de deux éléments de paroi entre lesquels est disposée une structure en nids d'abeille, ces éléments de paroi étant constitués notamment en alliage de titane et étant formés au profil et à la forme désirés par pressage à chaud.

US-A 3.628.226 décrit un procédé de fabrication d'aube creuse de compresseur comportant la mise en oeuvre d'une liaison métallurgique par soudage-diffusion entre deux éléments ou demi-aubes ayant une face d'assemblage plane et rainurée.

D'autres techniques connues d'obtention d'aubes creuses, notamment pour soufflante de turboréacteur, associent des opérations de soudage par diffusion métallurgique sous pression et de formage superplastique sous pression de gaz. Un exemple en est illustré par US-A 4.882.823.

Un des buts de l'invention est d'éviter de faire appel à ces techniques connues dont la mise en oeuvre est complexe et les mises au point particulièrement délicates.

- 5 Une aube creuse du type précité pour turbomachine répondant aux conditions précitées sans encourir les inconvénients des solutions connues antérieures est caractérisée en ce qu'elle est constituée d'un ensemble monobloc comportant une pale présentant une multiplicité d'évidements transversaux selon
- 10 l'épaisseur de pale et en ce que la continuité de surface d'intrados et d'extrados de la pale est reconstituée au moyen de bouchons solidarisisés audit ensemble monobloc de pale et disposés à l'intérieur desdits évidements.
- 15 Un procédé avantageux de fabrication de ladite aube creuse comporte les étapes suivantes :
- a) - réalisation par forgeage d'une aube monobloc,
- 20 b) usinage de trous multiples régulièrement répartis sur la pale d'aube de manière à laisser intacte une zone de largeur déterminée de bords d'aube et à atteindre ailleurs un taux d'évidement voisin de 90%.
- 25 c) réalisation de bouchons de contour adapté aux trous réalisés lors de l'étape (b) et au profil déterminé de la surface de pale à obtenir soit d'intrados, soit d'extrados.
- 30 d) mise en place des bouchons réalisés lors de l'étape (c) dans les trous de pale réalisés lors de l'étape (b)
- e) soudage au moyen d'un faisceau à haute énergie de manière à solidariser lesdits bouchons et ladite pale d'aube
- 35 f) opérations de finition du profil aérodynamique déterminé.

En fonction des caractéristiques mécaniques recherchées, les trous de pale peuvent être circulaires ou présenter d'autres formes telles que hexagonales. Les trous peuvent être débouchants ou non et dans ce dernier cas, être disposés du côté intrados ou du côté extrados de la pale d'aube.

Dans le cas de trous débouchants, avantageusement pour chaque trou, un premier bouchon est placé du côté intrados et un second bouchon, du côté extrados. Dans ce cas, avant mise en place sur la pale d'aube, un assemblage préalable par soudage des premiers et seconds bouchons par deux peut être effectué.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre d'un mode de réalisation de l'invention, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente une vue schématique d'une aube forgée monobloc, au stade initial de fabrication d'une aube creuse de turbomachine conforme à l'invention,

- la figure 2 représente une vue schématique de l'aube représentée sur la figure 1, à un stade intermédiaire de sa fabrication,

- la figure 3 représente une vue en coupe transversale de l'aube représentée sur la figure 2,

- la figure 4 montre un exemple schématique de répartition des évidements sur une pale d'aube conforme à l'invention,

- la figure 5 montre un exemple schématique de réalisation et de mise en place des bouchons sur la pale d'aube, suivant une vue partielle en coupe transversale de l'aube,

- les figures 6 et 7 montrent, suivant un schéma analogue à celui de la figure 4, d'autres formes de réalisation des évidements,

- la figure 8 montre un autre exemple schématique de réalisation et de mise en place des bouchons assemblés par deux,

- 5 - la figure 9 représente selon une vue schématique en coupe transversale suivant la ligne VIII-VIII de la figure 2 une variante de réalisation du pied d'aube.

10 Une aube creuse pour turbomachine conforme à l'invention est obtenue par la mise en oeuvre des étapes suivantes du procédé de fabrication conforme à l'invention.

15 a) Au cours d'une première étape de réalisation, une aube 1 monobloc, ébauchée au plus près de ses cotes finales est obtenue par forgeage, en appliquant un procédé connu en soi, et telle que schématiquement représentée sur la figure 1. De manière connue, l'aube 1 comporte une embase de fixation ou pied 2, une partie à profil aérodynamique ou pale 3 constituée de deux parois externes, respectivement d'intrados 4 et d'extrados 5, raccordées par un bord d'attaque 6 et un bord de fuite 7 et destinée à être placée dans la veine de circulation du flux d'air de la turbomachine. Suivant les applications particulières, l'aube peut comporter une partie intermédiaire appelée échasse 8 de raccordement entre le pied 2 et la pale 3.

30 b) On usine ensuite, par tout procédé connu adapté à cette réalisation et comme schématiquement représenté sur les figures 2 et 3, une multiplicité de trous 9 sur la pale 3 de l'aube 1, selon les directions transversales à ladite pale, sensiblement perpendiculaires au profil de pale. Une zone 10 dont la largeur \underline{l} est déterminée en fonction des caractéristiques mécaniques recherchées pour l'aube 1 est laissée exempte de trous 9 au voisinage des bords d'attaque 6, de fuite 7 et d'extrémité de

tête de l'aube 1. Des perçages de trous 9 peuvent également être réalisés dans la zone d'échasse 8 de l'aube 1. Comme cela est visible sur les figures 2, 3 ou sur la figure 4 qui montre un exemple de répartition des trous 9, les trous 9 forment un réseau dense et les épaisseurs de parois 19 entre deux trous 9 voisins sont déterminées en fonction des caractéristiques mécaniques recherchées pour l'aube 1. Dans les zones prévues, le taux d'évidement obtenu est voisin de 90%. On peut également dans certaines applications déterminer une direction de perçage des trous 9 sensiblement perpendiculaire à la corde du profil de l'aube 1.

c) Parallèlement, on réalise des éléments de type bouchons 12 dont le contour périphérique reproduit celui des trous 9 de l'aube 1. La cote réalisée correspond à un ajustement glissant entre bouchon 12 et trou 9, tel que H7g6 par exemple. Grâce à la mise en oeuvre de moyens d'usinage à commande numérique par exemple, la surface externe 13 de chaque bouchon 12 reproduit le profil recherché de la surface de pale 3 d'aube pour l'emplacement prévu dudit bouchon 12. L'épaisseur 14 du fond du bouchon 12 correspond à l'épaisseur déterminée souhaitée pour la paroi d'aube. Du côté interne, un rayon de raccordement 15 adéquat est prévu entre le fond et la paroi latérale cylindrique 16 du bouchon 12.

d) Tous les bouchons 12 sont ensuite mis en place et immobilisés sur les trous 9 de l'aube 1, respectivement soit du côté intrados, soit du côté extrados.

e) On procède ensuite à la fixation des bouchons 12 au moyen d'un soudage par faisceau à haute énergie sur la périphérie de chaque bouchon 12 à l'intérieur de son logement correspondant constitué par le trou 9 de l'aube 1. Suivant les applications particulières, le mode de mise en oeuvre peut varier. Notamment, un soudage simultané peut être effectué sur un premier bouchon 12 situé du côté intrados de l'aube 1 et sur un deuxième bouchon 12, situé du côté

extrados de l'aube 1 ou, au contraire, le soudage peut être effectué successivement d'un côté puis de l'autre, dans un ordre approprié, permettant de minimiser les risques de déformation de pièce. Le faisceau à haute énergie utilisé pour le soudage peut notamment être un faisceau d'électrons ou un faisceau provenant d'une source LASER.

f) Lorsque tous les bouchons 12 sont fixés par soudage, on procède aux opérations habituelles de contrôle et on effectue des opérations de finition afin d'obtenir le profil aérodynamique et l'état de surface recherchés de l'aube.

L'aube creuse 1 obtenue au moyen du procédé de réalisation conforme à l'invention qui vient d'être décrit en référence aux figures 1 à 5 présente des avantages notables outre les facilités de mise en oeuvre dudit procédé tant en ce qui concerne la réalisation des bouchons 12 que celle des soudures. Par rapport à certaines solutions connues antérieures qui nécessitent l'utilisation de deux pièces brutes, l'invention ne nécessite qu'une seule pièce brute forgée. Les caractéristiques techniques de l'aube creuse 1 obtenue sont avantageuses. Notamment, un taux d'évidement global de l'ordre de 60% à 70% est obtenu pour l'aube 1 terminée. La forme des bouchons 12 et notamment la définition du rayon de raccordement entre fond et paroi latérale leur confèrent une bonne résistance aux chocs qui est une caractéristique importante des aubes de rotor de soufflante auxquelles s'applique l'invention. En outre, l'orientation des soudures de bouchons est favorable par rapport au sens des contraintes mécaniques en fonctionnement pour assurer une résistance suffisante en fatigue.

La structure de l'aube creuse 1 conforme à l'invention peut présenter certaines variantes de réalisation. Notamment, la forme géométrique des évidements ou trous 9 et la forme qui en résulte de la périphérie des bouchons correspondants 12 a été représentée circulaire sur les figures 1 à 5. Mais

d'autres formes géométriques peuvent être envisagées, telles que rectangulaires à angles arrondis et une forme particulièrement avantageuse dans certaines applications est la forme hexagonale, comme schématiquement représentée sur la figure 6, montrant les évidements hexagonaux 9a de la pale d'aube. La figure 7 montre un autre arrangement de géométrie des évidements 9b et des bouchons correspondants. La géométrie choisie est optimisée dans chaque cas par le calcul de résistance correspondant aux conditions d'utilisation.

La figure 8 représente schématiquement une autre variante de réalisation. Un bouchon 12a est dans ce cas constitué de deux parties ou demi-bouchons 12b et 12c qui sont soudés entre eux avant la mise en place dans un trou 9 de l'aube 1. Après mise en place, une surface externe 13a du bouchon 12a forme une partie de la surface extradados de l'aube 1 tandis que l'autre surface externe 13b du bouchon 12a forme une partie de la surface intrados de l'aube 1. Par ailleurs, les étapes (d) de mise en place (e) de soudage et (f) de finition dans le procédé de fabrication de l'aube creuse 1 conforme à l'invention sont effectuées comme précédemment décrites.

Les trous ou évidements 9 ou 9a dans les modes de réalisation qui viennent d'être décrits sont débouchants mais il peut être envisagé, pour certaines applications particulières, d'effectuer des perçages borgnes, soit du côté intrados, soit du côté extradados de l'aube 1. Il s'ensuit qu'un seul bouchon est dans ce cas placé du côté évidé de l'aube.

Une disposition complémentaire peut également dans certaines applications être adjointe concernant le pied 2 de l'aube. Dans ce cas, des perçages borgnes 17 sont effectués dans le pied 2 et de manière analogue à la pale 3, un bouchon 18 est mis en place et fixé par soudure dans le trou 17, comme schématiquement représenté sur la figure 9.

REVENDEICATIONS

1. Aube creuse pour turbomachine caractérisée en ce qu'elle
5 est constituée d'un ensemble monobloc (2-3-8-) comportant une
pale (3) présentant une multiplicité d'évidements (9)
transversaux selon l'épaisseur de pale et en ce que la
continuité de surface d'intrados (4) et d'extrados (5) de la
pale (3) est reconstituée au moyen de bouchons (12)
10 solidarisés audit ensemble monobloc et disposés à l'intérieur
desdits évidements (9).
2. Aube creuse selon la revendication 1 dans laquelle lesdits
évidements (9) sont des trous débouchants.
- 15 -
3. Aube creuse selon la revendication 1 dans laquelle lesdits
évidements (9) sont des trous borgnes effectués sur l'une des
parois de pale, d'intrados ou d'extrados.
- 20 4. Aube creuse selon l'une quelconque des revendications 1 à
3 dans laquelle lesdits évidements (9) ont un contour
géométrique circulaire.
5. Aube creuse selon l'une quelconque des revendications 1 à
25 3 dans laquelle lesdits évidements (9a) ont un contour
géométrique hexagonal.
6. Aube creuse selon l'une quelconque des revendications 1 à
3 dans laquelle lesdits évidements (9b) ont un contour
30 géométrique à coins arrondis dont la forme est optimisée
d'après les calculs de résistance dans les conditions
d'utilisation.
7. Aube creuse selon l'une quelconque des revendications
35 1,2,4 à 6 dans laquelle dans chaque évidement débouchant (9)
est placé un premier bouchon (12) du côté intrados et un
deuxième bouchon (12) du côté extrados respectivement
solidarisés par soudure sur la pale (3).

8. Aube creuse selon l'une quelconque des revendications 1,2,4 à 6 dans laquelle dans chaque évidement débouchant (9) est placé un bouchon unique (12a) constitué de deux demi-bouchons (12b, 12c) solidarisés entre eux par soudure.

5

9. Aube creuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 dans laquelle la zone d'aube présentant lesdits évidements (9) exclut une zone (10) de bords d'aube d'une largeur l déterminée correspondant au bord d'attaque (6), au bord de fuite (7) et à l'extrémité de tête d'aube.

10

10. Aube creuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 dans laquelle la zone d'aube présentant lesdits évidements (9) comporte un zone de raccordement entre pale (3) et pied (2) d'aube ou échasse (8).

15

11. Aube creuse selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 dans laquelle le pied (2) d'aube comporte des perçages borgnes (17) dans lesquels sont disposés des bouchons (18) solidarisés sur ledit pied (2) par soudure.

20

12. Procédé de fabrication d'une aube creuse pour turbomachine conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 11 caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

25

a) - réalisation par forgeage d'une aube monobloc (1),
b) - usinage de trous multiples (9) régulièrement répartis sur la pale (3) d'aube de manière à laisser intacte une zone (10) de largeur déterminée de bords d'aube et à atteindre ailleurs un taux d'évidement voisin de 90%,

30

c) - réalisation de bouchons (12) de contour adapté aux trous (9) réalisés lors de l'étape (b) et au profil déterminé de la surface de pale à obtenir soit d'intrados (4), soit d'extrados (5),

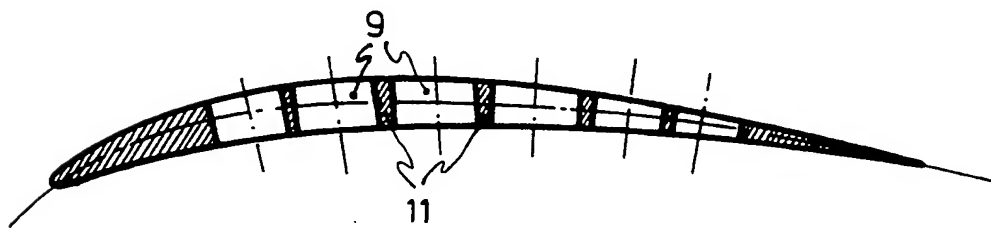
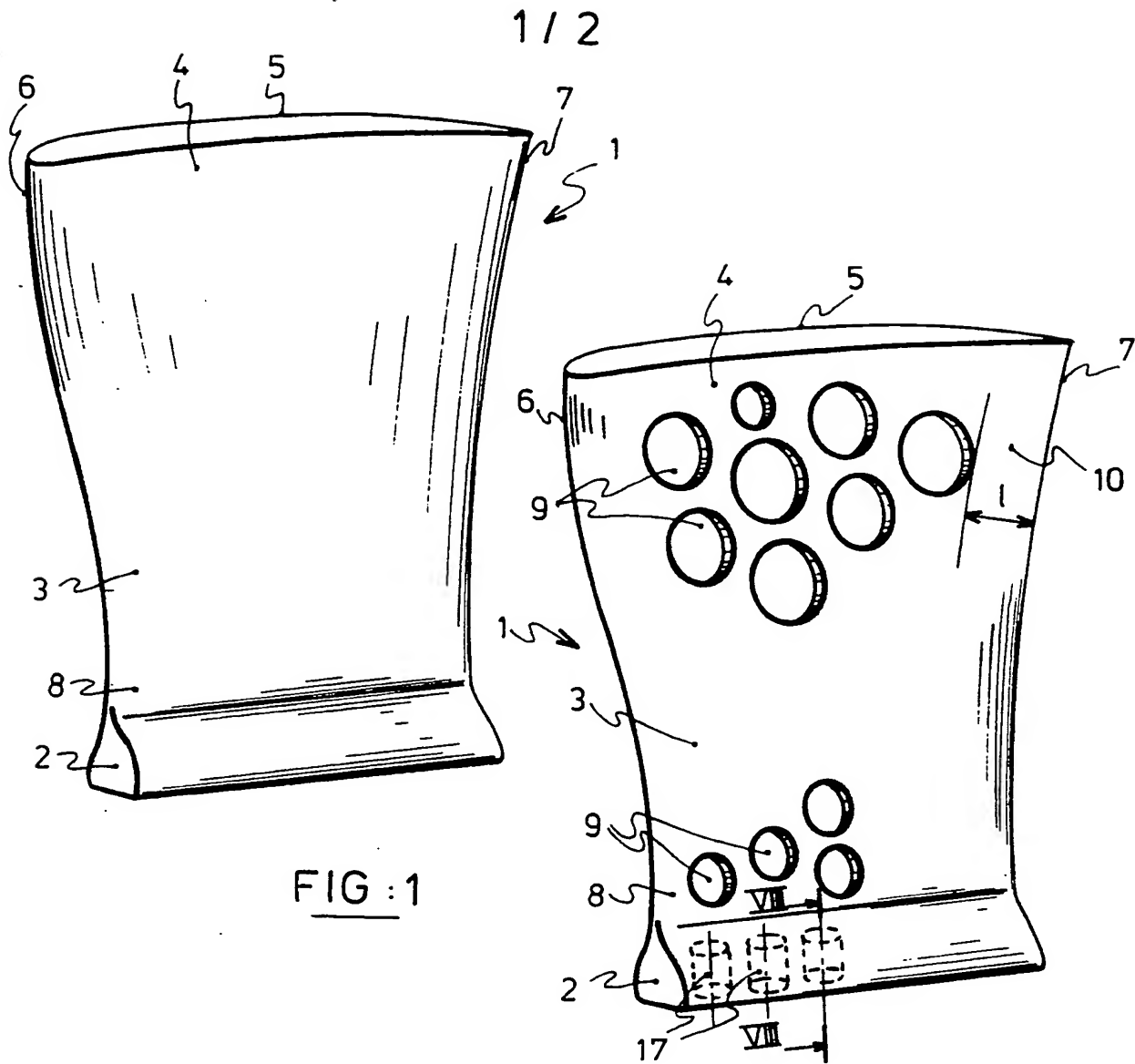
35

d) - mise en place des bouchons (12) réalisés lors de l'étape (c) dans les trous (9) de pale réalisés lors de l'étape (b).

e) soudage au moyen d'un faisceau à haute énergie de manière à solidariser lesdits bouchons (12) et ladite pale d'aube (1),

f) - opérations de finition du profil aérodynamique déterminé.

5 13. Procédé de fabrication d'une aube creuse pour
turbomachine selon la revendication 12 dans lequel après
l'étape (c), une étape intermédiaire (c1) comporte
l'assemblage par deux desdits bouchons par soudure de manière
qu'une partie (12b) du bouchon (12a) obtenu corresponde au
profil de surface d'extrados de l'aube (1) et que l'autre
10 partie (12c) dudit bouchon (12a) corresponde au profil de
surface d'intrados de l'aube 1, après sa mise en place et
soudage lors des étapes (d) et (e).



2/2

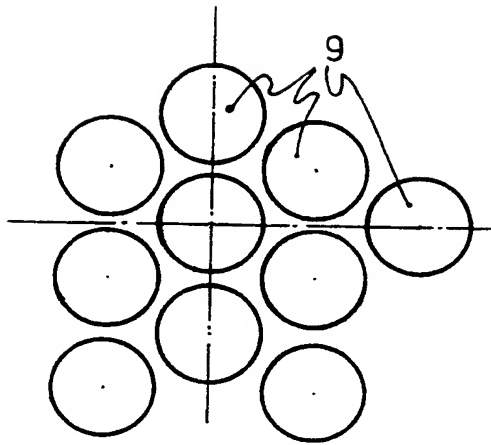


FIG. 4

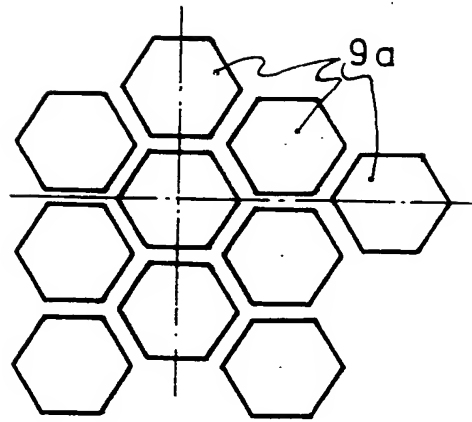


FIG. 6

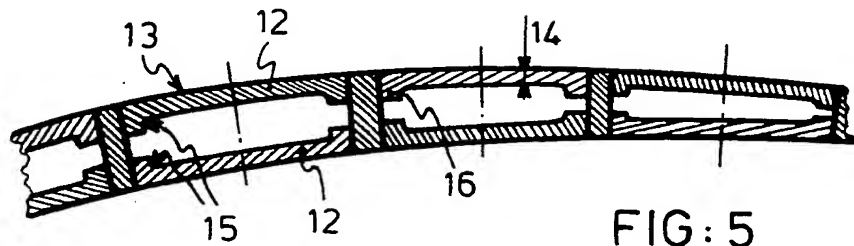


FIG. 5

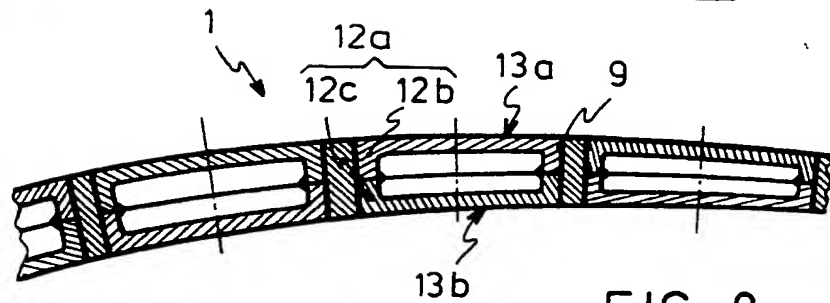


FIG. 8

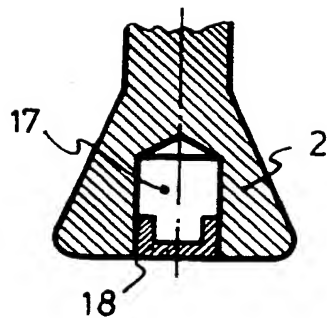


FIG. 9

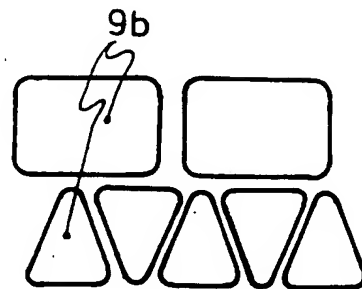


FIG. 7

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FR 9210470
FA 476180

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	FR-A-2 074 958 (ROCKWELL CORPORATION) * page 2, ligne 3 - ligne 15 * * page 3, ligne 21 - page 8, ligne 21; figures *	1
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 5, no. 162 (M-92)(834) 17 Octobre 1981 & JP-A-56 88 902 (TOKYO SHIBAURA DENKI) 18 Juillet 1981 * abrégé *	1-3
A	--- US-A-3 761 201 (SILVERSTEIN) * colonne 1, ligne 45 - ligne 57 * * colonne 2, ligne 3 - ligne 50; figures *	1
D,A	--- FR-A-1 577 388 (ROLLS-ROYCE) * page 1, ligne 1 - ligne 17 * * page 3, ligne 9 - page 5, ligne 32; figures *	1
D,A	--- US-A-3 628 226 (NELSON) * colonne 1, ligne 5 - ligne 32; figures *	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		F01D B23P F04D
Date d'achèvement de la recherche 08 AVRIL 1993		Examineur ZIDI K.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 01.82 (P012)